

**ANALISIS RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA
SALURAN TRANSMISI 150 kV DI GARDU INDUK SRAGEN-
GARDU INDUK MASARAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

NAFIS CHOIRUL UMAM

D 400 150 147

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV
DI GARDU INDUK SRAGEN – GARDU INDUK MASARAN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

Nafis Choirul Umam
D400150147

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T. M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV
DI GARDU INDUK SRAGEN – GARDU INDUK MASARAN**

OLEH

NAFIS CHOIRUL UMAM

D 400 150 147

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari 23, Juli 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

2. Hasyim Asy'ari. S.T, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Aris Budiman, S.T, M.T

(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. Sri Suparsono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 juli 2019

Penulis



Nafis Choirul Umam

D400150147

ANALISIS RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV DI GARDU INDUK SRAGEN – GARDU INDUK MASARAN

Abstrak

Kemajuan teknologi dari masa ke masa berkembang pesat dan sangat bergantung dengan energi listrik. Proses penyaluran energi listrik ke konsumen dengan menggunakan saluran transmisi. Proses penyaluran energi listrik melalui saluran transmisi tidak lepas dari adanya gangguan. Upaya penanganan yang digunakan pada saluran transmisi untuk meminimalisir adanya gangguan yang terjadi yaitu dengan pemasangan rele jarak. Prinsip kerja rele jarak yaitu mengukur impedansi pada saluran transmisi yang dibagi menjadi zona 1, zona 2 dan zona 3. Rele jarak mengukur tegangan dan arus gangguan yang terlihat dari rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai setting rele jarak pada saluran transmisi Gardu Induk Sragen – Masaran. Metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu dengan mencari data transformator, jarak antar gardu dan kabel penghantar, setelah data terpenuhi dilakukan analisis data yang ada dan melakukan perhitungan nilai setting rele. Hasil perhitungan impedansi jangkauan pada zona satu ($0,63812 + j1,84288$) Ω dengan jarak jangkauan 8,72 km membutuhkan waktu aktif 0 detik, zona dua ($1,205 + j3,48032$) Ω dengan jarak jangkauan 27,59 km membutuhkan waktu aktif 0,4 detik, zona tiga ($2,02026 + j5,8345$) Ω dengan jarak jangkauan 17,9736 km membutuhkan waktu aktif 1,2 detik.

Kata Kunci : saluran transmisi, impedansi, rele jarak, jarak jangkauan

Abstract

Technological advances over time are rapidly expanding and heavily dependent on electrical energy. The process of transmitting electrical energy to consumers using transmission lines. The process of transmitting electrical energy through the transmission line is not separated from interference. The handling attempts used in the transmission line to minimize any interference that occurs with the installation of distance relay. The working principle of the distance relay is measuring the impedance of the transmission line divided into zone 1, Zone 2 and Zone 3. The distance relay measure the voltage and current of interference seen from the relay, by dividing the magnitude of the voltage and the current, the impedance to the point of occurrence of interference can be determined. This research aims to determine the value of the distance relay setting on the transmission line of the mains substation Sragen – Masaran. The method used for this research is by

looking for transformer data, the distance of each the mains substation and sender cable, after the data is fulfilled done analysis of the existing data and doing the calculation of relay setting values. Calculation of range impedance in one zone $(0,63812 + j 1.84288) \Omega$ with a protection range of 8.72 km requires an active time of 0 seconds, zone two $(1.205 + j3,48032) \Omega$ with a protection range of 27.59 km requires an active time of 0.4 seconds, zone three $(2,02026 + j5,8345) \Omega$ with a protection range of 17.9736 km requires an active time of 1.2 seconds.

Keywords : transmission line, impedance, distance relay, protection range.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dari masa ke masa berkembang pesat dan sangat bergantung dengan energi listrik. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang begitu penting bagi kehidupan manusia seperti dalam peralatan rumah tangga, peralatan kerja dan masih banyak lagi. Aktivitas kehidupan manusia sehari-hari semakin tak terpisahkan dari energi listrik. Semakin banyak pertumbuhan manusia mengakibatkan semakin bertambah pula kebutuhan energi listrik.

Proses penyaluran energi listrik ke konsumen dengan menggunakan saluran transmisi. Saluran transmisi energi listrik dari pembangkit menuju ke pusat beban melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dan saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET). Proses pengiriman energi listrik melalui saluran transmisi tidak lepas dari adanya gangguan. Sistem pengamanan pada saluran transmisi yang diharapkan mampu mendeteksi adanya gangguan pada semua keadaan, sehingga kerusakan dan gangguan yang akan meluas ke saluran lain dapat diminimalisir (Syukriyadin, 2015). Upaya penanganan yang digunakan pada saluran transmisi untuk meminimalisir adanya gangguan yang terjadi yaitu dengan pemasangan rele jarak. Komponen utama pada sistem tenaga listrik yaitu rele proteksi karena dapat memberikan kestabilan dan reliabilitas dalam sistem tenaga listrik (Rambabu, 2015).

Rele jarak mempunyai kemampuan dalam menghilangkan gangguan dengan cepat dan penyetelanya yang mudah, sehingga sering digunakan pada saluran transmisi. Ketika terjadi kesalahan pada saluran transmisi, perlindungan relai jarak akan trip sesuai dengan impedansi yang diukur (When-hao Zhang, 2010). Rele jarak sendiri memiliki prinsip mengukur impedansi saluran transmisi

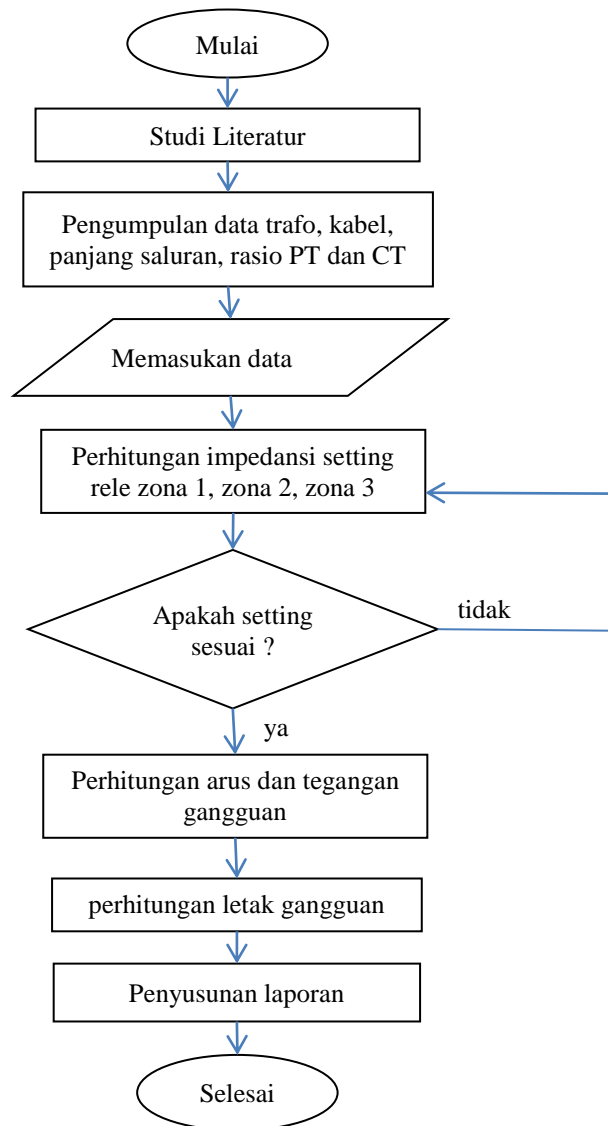
dengan cara membagi menjadi zona 1, zona 2 dan zona 3. Impedansi pada titik terjadinya gangguan dapat ditentukan oleh rele jarak dengan cara membagi arus dan tegangan yang telah dilihat oleh rele. Rele jarak sebagai sistem proteksi diharapkan dapat menjaga kestabilan dan keandalan dalam menyalurkan energi listrik pada saluran transmisi. Relai jarak lebih disukai daripada relai arus dalam perlindungan saluran karena mereka hampir tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan dalam arus hubung singkat seperti pada relai arus lebih (Sudharto, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai setting rele jarak pada Gardu Induk Sragen – Gardu Induk Masaran. Perhitungan nilai setting rele jarak harus dipastikan terlindungi dengan baik untuk menjaga dan meminimalisir terjadinya gangguan pada saluran transmisi Sragen – Masaran.

2. METODE

Penelitian diawali dengan studi literatur sesuai dengan objek yang akan dilakukan penelitian, selanjutnya diperlukan data nyata dalam lapangan. Penelitian yang dilakukan penulis berkaitan untuk menganalisa terhadap sistem proteksi rele jarak pada saluran transmisi. Rele jarak sendiri menjadi salah satu sistem proteksi yang dapat melindungi sistem dari gangguan yang terjadi. Data yang didapatkan dilakukan perhitungan matematis sesuai dengan langkah pengerjaan literatur. Hasil perhitungan kemudian dianalisis untuk menghasilkan sebuah simpulan.

Berikut data yang didapatkan :

- a. Rasio trafo arus (CT) dan rasio trafo tegangan (PT)
- b. Data kabel penghantar dan jarak antar gardu
- c. Data nilai *setting* rele jarak saluran transmisi Sragen – Masaran



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

2.1 Penyetelan Zona Perlindungan Rele Jarak

2.2.1 Penyetelan Zona 1

Zona 1 mengamankan sejauh mungkin daerah saluran transmisi didepannya yang dilindungi, rele diatur 80% dari panjang saluran dengan mempertimbangkan kesalahan data saluran sebesar 20%, sehingga didapatkan persamaan matematis untuk zona 1 sebagai berikut :

$$Z_1 = 0.8 \times ZL_1 \quad (1)$$

Dengan :

ZL_1 = impedansi saluran transmisi pertama (ohm)

Waktu aktif rele zona 1 adalah, $t = 0$ detik.

2.2.2 Penyetelan Zona 2

Zona 2 mengamankan sisa daerah yang tidak dilindungi oleh zona 1 sampai saluran selanjutnya. Persamaan untuk zona 2 berlaku rumus sebagai berikut :

$$Z_2 = 0.8 \times (ZL_1 + (0.8 \times ZL_2)) \quad (2)$$

Dengan :

ZL_1 = impedansi saluran transmisi pertama (ohm)

ZL_2 = impedansi saluran transmisi kedua atau setelahnya (ohm)

Waktu aktif rele zona 2 adalah, $t = 0.4$ samapi 0,8 detik.

2.2.3 Penyetelan Zona 3

Zona 3 mengamankan sisa daerah yang tidak dilindungi oleh zona 2 dan minimal sampai akhir seksi berikutnya, sehingga didapatkan persamaan untuk zona 3 sebagai berikut ;

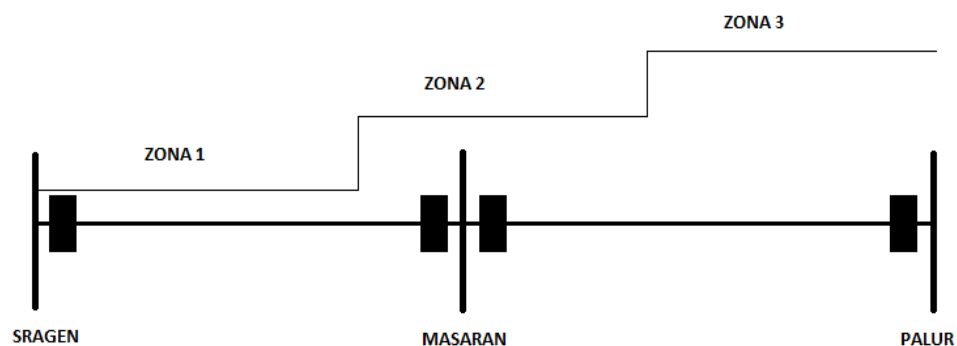
$$Z_3 = 1.2(ZL_1 + ZL_2) \quad (3)$$

Dengan :

ZL_1 = impedansi saluran transmisi pertama (ohm)

ZL_2 = impedansi saluran transmisi kedua atau setelahnya (ohm)

Waktu aktid rele zona 3 adalah, $t = 1.2$ sampai 1,6 detik.



Gambar 2. Zona pengamanan rele jarak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan pada Gardu Induk Sragen – Masaran diperoleh hasil nilai *setting* rele jarak untuk masing-masing zona pengamanan zona. Penelitian ini dilakukan juga perhitungan impedansi saluran, perhitungan jika terjadi gangguan dan perhitungan untuk menentukan letak gangguan.

3.1 Data Penelitian

Berikut data-data yang diperoleh dari Gardu Induk Sragen – Masaran dan studi literatur, yang terdiri dari :

- a. Rasio trafo arus (CT) dan rasio trafo tegangan (PT)

CT (Trafo Arus) = 1 : 800

PT (Trafo Tegangan) = 100 : 150000

- b. Data spesifikasi rele jarak yang terpasang

Tabel 1. Data spesifikasi rele jarak

Nama	Uraian	Satuan
ALSTOM	AREVA P443	-
Tipe	MICOM	-
Arus nominal	1/5	Ampere
Tegangan nominal	100-120	Volt
Tegangan DC	110-250	Volt
frekuensi	50/60	Hertz

- c. Data kabel penghantar dan jarak antar gardu

Tabel 2. Data parameter kabel penghantar GI Sragen - Masaran

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Jenis Konduktor	240/40	-

Panjang Saluran	10,8969	Km
Diameter	21,9	Mm
Kapasitas Arus	638	A
Impedansi	$0,0732+j0,2114$	Ω/Km

Tabel 3. Data parameter kabel penghantar GI Masaran – Palur

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Jenis Konduktor	240/40	-
Panjang Saluran	12,103	Km
Diameter	21,9	Mm
Kapasitas arus	638	A
Impedansi	$0,0732+j0,2114$	Ω/Km

d. Data nilai *setting* rele jarak saluran transmisi Sragen – Masaran

Tabel 4. Data impedansi urutan

Urutan impedansi	
Urutan impedansi positif	$0,137+j0,3966 \Omega$
Urutan impedansi negatif	$0,137+j0,3966 \Omega$
Urutan impedansi nol	$0,287+j1,19 \Omega$

Tabel 5. Nilai *setting* rele jarak

Area	Saluran transmisi
Zona 1	1,94 Ω
Zona 2	3,59 Ω
Zona 3	6,47 Ω

3.2 Perhitungan Impedansi

Rumus untuk mencari nilai impedansi saluran yaitu:

$$Z_L = \text{panjangsaluran} \times Z_{\text{saluran/km}} \quad (4)$$

Saluran transmisi GI Sragen – GI Masaran memiliki nilai impedansi

$$Z_{L1} = 10,8969 \times (0,0732 + j0,2114)$$

$$Z_{L1} = 0,79765 + j2,3036 \Omega$$

Saluran transmisi GI Masaran – GI Palur memiliki nilai impedansi

$$Z_{L2} = 12,103 \times (0,0732 + j0,2114)$$

$$Z_{L2} = 0,8859 + j2,5585 \Omega$$

Nilai impedansi zona 1, zona 2, zona 3 menggunakan persamaan 1, 2, dan 3 pada saluran transmisi GI Sragen - Masaran :

3.2.1 Pengaturan Zona 1

$$Z_1 = 0,8 \times (0,79765 + j2,3036)$$

$$Z_1 = 0,63812 + j1,84288 \Omega$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak = $0,8 \times 10,8969 = 8,72 \text{ km}$

Sebagai pengaman utama saluran transmisi pengaturan kerja rele pada zona 1 ini. $t_1 = 0 \text{ detik}$.

3.2.2 Pengaturan Zona 2

$$Z_2 = 0,8 \times (0,79765 + j2,3036 + (0,8 \times (0,8859 + j2,5585)))$$

$$Z_2 = 1,205 + j3,48032 \Omega$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak = $0,8 \times (10,8969 + (0,8 \times 12,103)) = 27,59 \text{ km}$

Sebagai pengaman cadangan zona 1, waktu aktif rele pada zona 2 ini, $t_2 = 0.4$ detik.

3.2.3 Pengaturan Zona 3

$$Z_3 = 1.2 \times ((0,79765+j2,3036) + (0,8859+j2,5585))$$

$$Z_3 = 2,02026 + j5,8345 \Omega$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak = $1.2 \times (10,8969+12,103) = 17.9736$ km

Pada zona 3 ini memiliki waktu aktif lebih lama daripada dua zona sebelumnya, $t_3 = 1.2$ detik.

3.3 Perhitungan Impedansi oleh Rele

Rele jarak bisa membaca impedansi gangguan, akan tetapi setelah dirasiokan oleh PT dan CT, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Z_{rele} = \frac{PT}{CT} \times Z_{zona}$$

(5)

$$\text{Rasio PT} = 150000 : 100$$

$$\text{Rasio CT} = 800 : 1$$

$$n = \frac{PT}{CT}, n = \frac{100/150000}{1/800} = 0,53$$

3.3.1 Zona 1

$$Z_1 \text{ sekunder} = 0,53 \times (0,63812 + j1,84288)$$

$$Z_1 \text{ sekunder} = 0,3382 + j0,97673 \Omega$$

3.3.2 Zona 2

$$Z_2 \text{ sekunder} = 0,53 \times (1,205 + j3,48032)$$

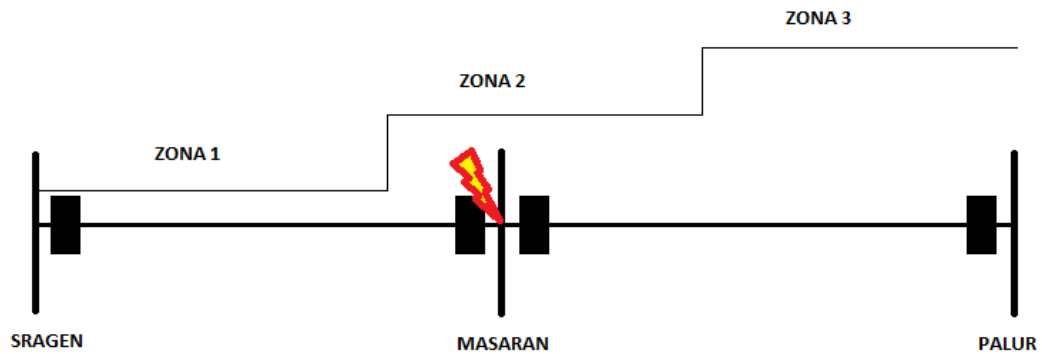
$$Z_2 \text{ sekunder} = 0,63865 + j1,84456 \Omega$$

3.3.3 Zona 3

$$Z_3 \text{ sekunder} = 0,53 \times (2,02026 + j5,8345)$$

$$Z_3 \text{ sekunder} = 1,0707 + j3,092285 \Omega$$

3.4 Pengujian sistem transmisi saat terjadi gangguan



Gambar 3. Saluran transmisi terdapat gangguan

Jika terjadi gangguan pada saluran transmisi pada saat itu rele bekerja dengan membaca dan mengatasi gangguan. Dengan menggunakan persamaan, nilai gangguan yang terjadi dapat diketahui:

- a. Pengujian gangguan 1 fasa ke tanah

$$I = 3 \times \frac{V/\sqrt{3}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \quad (6)$$

- b. Pengujian gangguan 2 fasa

$$I = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (7)$$

- c. Pengujian gangguan 3 fasa

$$I = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_1} \quad (8)$$

- d. Pengujian tegangan gangguan

$$V = I \times Z_1 \quad (9)$$

Keterangan persamaan diatas :

I adalah arus gangguan yang terjadi

Z_1 adalah *positive sequence impedance*

Z_2 adalah *negative sequence impedance*

Z_0 adalah *zero sequence impedance*

Z_f adalah impedansi gangguan

V_f adalah tegangan gangguan

Gambaran nilai gangguan dimisalkan sebesar 15Ω pada sistem transmisi, di ilustrasikan pada gambar 3. Untuk menentukan besarnya gangguan yang terjadi maka digunakan rumus 6,7,8,9 sehingga dapat diketahui besaran gangguannya:

3.4.1 Pengujian gangguan satu fasa ketanah :

a. Arus gangguan

$$I = 3 \times \frac{150000/\sqrt{3}}{(0,137+j0,3966)+(0,137+j0,3966)+(0,287+j1,19)+(3 \times 15)}$$

$$I = 3 \times \frac{86602,54}{(45,561+j1,9832)} = 5691,628 - j247,647 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (5691,628 - j247,647) \times (0,137+j0,3966)$$

$$V = 877,9698 - 2223,372 \text{ V}$$

3.4.2 Pengujian gangguan dua fasa :

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0,137+j0,3966)+(0,137+j0,3966)+(15)}$$

$$I = \frac{86602,54}{(15,274+j0,7932)} = 5654,68 - j293.655 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (5654,68 - j293.655) \times (0,137+j0,3966)$$

$$V = 891,1547+j2202,415 \text{ V}$$

3.4.3 Pengujian gangguan tiga fasa :

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0,137+j0,3966)}$$

$$I = \frac{86602,54}{(0,137+j0,3966)} = 67389,01 - j195083,82 \text{ A}$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (67389,01 - j195083,82) \times (0,137+j0,3966)$$

$$V = 86602,537 - 0,001974 \text{ V}$$

Hasil perhitungan gangguan diatas dengan memisalkan nilai gangguan sebesar 15Ω . Perubahan nilai gangguan berpengaruh pada nilai arus dan tegangan gangguan yang akan mengalami perubahan juga.

3.5 Menentukan Letak Gangguan

Gangguan yang terjadi pada saluran transmisi dapat terdeteksi oleh rele jarak dengan membaca impedansi gangguannya. Cara ini dapat diketahui seberapa jauh letak gangguan yang terjadi. Persamaan untuk menentukan letak gangguan rele jarak :

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi gangguan} \times \frac{PT}{CT} \times L1}{ZL1} \quad (10)$$

Penentuan jarak gangguan dengan nilai impedansi 0,1 Ω sampai 1 Ω pada saluran transmisi GI Sragen – Masaran. Contoh perhitungan letak gangguan :

a. Nilai impedansi 0,1 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0,1 \times \frac{100/150000}{1/800} \times 10,8969}{0,79765 + j2,3036} = 0,23 \text{ km}$$

b. Nilai impedansi 0,5 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0,5 \times \frac{100/150000}{1/800} \times 10,8969}{0,79765 + j2,3036} = 1,19 \text{ km}$$

c. Nilai impedansi 1 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{1 \times \frac{100/150000}{1/800} \times 10,8969}{0,79765 + j2,3036} = 2,38 \text{ km}$$

Tabel 6. Letak gangguan dengan nilai impedansi 0,1 Ω sampai 1 Ω saluran transmisi GI Sragen – Masaran

Nilai Impedansi Gangguan	Letak Gangguan
0,1 Ω	0,23 km
0,25 Ω	0,59 km
0,5 Ω	1,19 km
0,75 Ω	1,78 km
1 Ω	2,38 km

3.6 Analisis Hasil

Hasil dari perhitungan diatas didapatkan adanya selisih antara nilai *setting* awal rele jarak di GI Sragen – Masaran dengan perhitungan berdasar teori.

Tabel 7. Selisih nilai *setting* rele jarak saluran transmisi 150 kV GI Sragen – Masaran

Rele jarak	Setting awal	Hasil perhitungan	selisih
Zona 1	1,94 Ω	1,95 Ω	0,01 Ω
Zona 2	3,59 Ω	3,68 Ω	0,09 Ω
Zona 3	6,47 Ω	6,17 Ω	0,3 Ω

Selisih antara nilai *setting* awal rele jarak di GI Sragen – Masaran dengan perhitungan dengan perhitungan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh, sehingga rele jarak masih dalam kondisi aman dan dapat bekerja secara optimal. Perbedaan nilai *setting* awal dengan perhitungan dapat dipengaruhi oleh tahanan gangguan, kondisi lapangan, *human error*, dan faktor *infeed*.

4. PENUTUP

Hasil penelitian mengenai analisis rele jarak sebagai proteksi pada saluran transmisi 150 kV di GI Sragen – Masaran diperoleh beberapa kesimpulan :

- a. Impedansi saluran dapat dipengaruhi oleh panjang saluran, jenis kabel, dan konfigurasi saluran transmisi.
- b. Zona 1 mengamankan 80% dari saluran transmisi antara 2 gardu induk dan langsung aktif saat terjadi gangguan.
- c. Zona 2 sebagai pelindung cadangan dari zona 1 saat terjadi kegagalan, melindungi daerah didepanya dan ketika terjadi gangguan maka membutuhkan 0,4 detik untuk aktif.
- d. Zona 3 mengamankan sisa daerah yang tidak dilindungi oleh zona 2 dan daerah didepanya. Zona ini membutuhkan waktu bekerja lebih lama dari zona 1 dan zona 2.
- e. Hasil perhitungan *setting* impedansi diperoleh nilai pada zona 1 sebesar $(0,63812 + j1,84288) \Omega$, zona 2 $(1,205 + j3,48032) \Omega$, dan zona 3 $(2,02026 + j5,8345) \Omega$.
- f. Selisih nilai *setting* awal dengan hasil perhitungan tidak terlalu signifikan sehingga masih dalam kondisi aman.

PERSANTUNAN

Tersusunnya laporan tugas akhir ini tidak semata hasil kerja penulis sendiri melainkan masih membutuhkan bantuan dari berbagai pihak. Pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, saran dan berupa data untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Tak lupa dukungan doa, semangat, dan material juga yang telah diberikan oleh orang tercinta. Banyak banyak terima kasihlah yang hanya dapat penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dipermudah dan diperlancara dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Rasulullah Muhammad SAW atas ridho dan syafaatnya untuk seluruh umat Islam, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu memanjatkan doa dan memberikan semangat untuk menempuh kehidupan didunia dari masa kecil hingga kini.
4. Kakak tercinta atas doa dan semangatnya, serta bantuan yang lainnya.
5. Bapak Umar, S.T. M.T. sebagai ketua jurusan Teknik Elektro dan manjadi pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, nasihat dan semangat hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
6. Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan informasi, wawasan dan banyak ilmu teori maupun praktik yang membantu.
7. Bapak Sukari selaku Supervisor di GI Sragen dan semua pegawai GI Sragen yang telah berkenan memberikan arahan, data dan bantuan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini.
8. Wiwit Triwik Rahayu yang telah membantu penulis dalam memahami dan memberikan semangat serta bantuan menyelesaikan laporan tugas akhir dengan lancar.
9. Teman teman kontrakan Polo Kendho, kontrakan HOP dan Kost Kusuma Putra.
10. Teman teman angkatan 2015 yang telah membantu serta kenangan bersama dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Chengzong Pang and Mladen Kezunovic. (2010). *Fast Distance Relay Scheme for Detecting Symmetrical Fault During Power Swing*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 25, No.4, 2010.
- Damachi, Yaser, dkk. (2016). *Optimal coordination of distance and overcurrent relays considering a non-standard tripping characteristic for distance relay*. The Institution of Engineering and Tecnology. Vol.10, No.6. 2016.
- Kusuma, A.P. (2018). *Evaluasi Setting Rele Jarak Transmisi 150 KV Senggiring – Singkawang*. Teknik Elektro. Universitas Tanjungpura.
- Lotfifard, Saeed, dkk. (2010). *Detection of Symmetrical Faults by Distance Relays During Power Swings*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 25, No. 1, 2010.
- Mu'tashim, Q.Z. (2017). *Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk Banyudono*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Rambabu, M. (2015). *Three Zone Protection By Using Distance Relays in SIMULINK/MATLAB. Electrical And Electronics Engineering*. GMR Institute of Technology, Rajam. India.
- Sudharto (2014). *Evaluasi Setting Rele Jarak Gardu Induk Ungaran Jaringan 150 kV Arah Krapyak-2*. Teknik Elektro. Politeknik Negeri Semarang.
- Syukriyadin, dkk. (2015). *Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak (Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli-Banda Aceh)*. Teknik Elektro. Universitas Syiah Kuala.
- Zhang, Wen-Hao, dkk. (2010). *Setting Considerations of Distance Relay for Transmission Line with STATCOM*. Journal of Electrical Engineering & Technology Vol. 5, No. 4, pp. 522~529, 2010.